

(a)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-125002

(43)Date of publication of application : 11.05.2001

(51)Int.Cl.

G02B 21/10

(21)Application number : 11-304844

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 27.10.1999

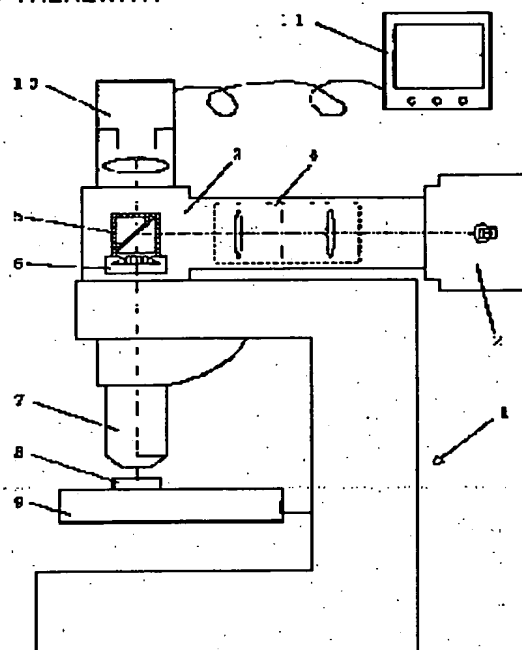
(72)Inventor : FUJIMOTO YASUSHI

(54) ILLUMINATION DEVICE AND MICROSCOPE SYSTEM PROVIDED THEREWITH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate an extreme difference in light quantity and an extreme deviation of an optical axis when a bright visual field illumination unit and a dark visual field illumination unit are used by switching between them.

SOLUTION: This illumination device of a microscope is constituted so that bright visual field illumination unit and the dark visual field illumination unit are used by being switched. Then, when the transmissivity of a reflection film formed at the parallel flat plate of the bright visual field illumination unit is defined as T1 and that of a reflection film formed at the parallel flat plate of the dark visual field illumination unit is defined as T2, the condition of $0.8 < T1/T2 \leq 1$ is satisfied. Besides, an optical element correcting the deviation of the optical axis is arranged at the dark visual field illumination unit.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The lighting system carry out having the change mechanism which inserts [unit / the aforementioned 1st lighting unit and the aforementioned 2nd lighting unit / the 2nd lighting unit equipped with the 2nd plane-parallel plate with which the reflective field which has a reflection factor high than the 1st lighting unit equipped with the 1st plane-parallel plate with which the reflective field which has predetermined permeability was formed, and abbreviation ellipse-like a transparency field and this transparency field was formed, and] in an optical path, and filling the following conditions as the feature.

$0.8 < T1/T2 \leq 1$ — here, the average permeability of the visible wavelength region of a reflective field [in / the 1st plane-parallel plate of the above / in T1] and T2 are the average permeability of the visible wavelength region of the transparency field in the 2nd plane-parallel plate of the above

[Claim 2] The lighting system according to claim 1 by which it is preparing in aforementioned 2nd lighting unit-optical member which produces the optical-axis gap of amount of optical-axis gaps and almost same amount produced with 1st plane-parallel plate of the above characterized.

[Claim 3] The microscope system carry out having had the change mechanism which inserts [unit / the aforementioned 1st lighting unit and the aforementioned 2nd lighting unit / the 2nd lighting unit equipped with the 2nd plane-parallel plate with which the reflective field which has a reflection factor higher than the 1st lighting unit characterized by to provide the following, and abbreviation ellipse-like a transparency field and this transparency field was formed, and] in an optical path, and having had the lighting system which fulfills the following conditions as the feature Light source Lighting optical system which leads the light from this light source to a sample The objective lens which irradiates the light from this lighting optical system at a sample The 1st plane-parallel plate with which the reflective field which has active focal detection equipment which performs focal detection, and has predetermined permeability by the photo detector which receives the light reflected from the sample was formed

$0.8 < T1/T2 \leq 1$ — here, the average permeability of the visible wavelength region of a reflective field [in / the 1st plane-parallel plate of the above / in T1] and T2 are the average permeability of the visible wavelength region of the transparency field in the 2nd plane-parallel plate of the above

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the lighting system which performs especially vertical illumination about a lighting system. Moreover, it is related with the microscope system using this lighting system.

[0002]

[Description of the Prior Art] When observing LSI, a semiconductor wafer or a surface of metal, etc. conventionally, the microscope incorporating the coaxial overhead lighting system, i.e., an epi-illumination microscope, is used. There are some which can choose now the various observation methods, such as not only incident light field observation but incident light dark field observation, incident light polarization observation, incident light differential interference observation, incident light fluorescence observation, etc., in an epi-illumination microscope. The switch of light field observation and dark field observation of almost all the epi-illumination microscope sold now is attained. Specifically, a light field lighting unit and a dark-field-illumination unit are arranged inside epi-illumination equipment, and lighting (the observation method) is switched by switching these units. Drawing 8 is what showed the general light field lighting unit 38, and in order to deflect the lighting light from the light source in the direction of an optical axis of an objective lens, the plane-parallel plate 13 is attached in the attachment component 15 at the angle of 45 degrees to the optical axis of an objective lens. This plane-parallel plate 13 makes the light which reflected by the sample on it while having been what permeability (or reflection factor) gave 50% of one-way mirror coat 39, turning the lighting light from the light source to the objective lens and reflecting in the front face of a transparent glass plate, and passed the objective lens again penetrate. Moreover, drawing 9 is what showed the general dark-field-illumination unit 40, and in order to deflect the lighting light from the light source in the direction of an optical axis of an objective lens, the plane-parallel plate 21 is attached in the attachment component 15 at the angle of 45 degrees to the optical axis of an objective lens. The core of a glass plate is clipped in the shape of an abbreviation ellipse, the plane-parallel plate 21 has become in midair, and 90% or more of mirror coat 22 is given to the front face of the portion which remained for the reflection factor. Therefore, it will be reflected only in respect of [22] a mirror coat, and the zona-orbicularis-like flux of light will carry out incidence of the lighting light from the light source to an objective lens. The light reflected by the sample passes a part for a centrum 41 (portion of the shape of a clipped abbreviation ellipse) after passing an objective lens. In addition, 23 is a gobo, it has the size of the grade which interrupts near the core of lighting light, and when this is arranged on the optical axis, lighting light serves as the zona-orbicularis-like flux of light here. Thus, since the exclusive unit of the light field lighting unit 38 and the dark-field-illumination unit 40 is prepared, respectively and it inserts [unit] in an optical path, it has come the change of an observational method is not only to attain easily, but to be able to perform lighting with the sufficient efficiency suitable for each observational method under the conventional epi-illumination microscope. Furthermore, it can also switch to the observation methods other than light field observation or dark field observation by preparing the lighting unit only for other polarization observation or differential interference observation, and the lighting unit only for fluorescence observation.

[0003] By the way, in order to observe the scattered light and the diffracted light by the blemish and dust of a sample in dark field observation, the luminosity of the image observed as compared with light field observation is extremely small. Therefore, in order to obtain the luminosity of a suitable image by dark field observation, it will be necessary to use what has brightness high as the light source. When the light source is a halogen lamp, brightness can be raised by raising the voltage supplied to a lamp. Or if a mercury arc lamp, a xenon arc lamp, and a metal halide arc lamp are used, it is possible to obtain brightness still higher than a halogen lamp.

[0004] However, since optical intensity is too strong as a lighting light for light field observation when the light source with high brightness is used so that observation of a suitable luminosity can be performed in dark field observation, the trouble of it being dazzling and causing trouble to observation of a sample arises. About such a trouble, solution has been conventionally tried by the following meanses.

(A) Carry out adjustable [of the voltage which it is at the light field observation and dark field observation time, and is supplied to the light source]. That is, voltage is lowered at the time of light field observation, and the quantity of light of lighting light is adjusted by raising voltage at the time of dark field observation.

(B) Insert the ND filter which switches with the light source and restricts the amount of transmitted lights of a part of flux of lights between units. This ND filter restricts only the lighting flux of light used for light field observation, and has become the configuration which does not affect the lighting flux of light used for dark field observation. Thereby, only the lighting light of light field observation can be dimmed.

(C) Attach an ND filter in the light source side inside a light field observation unit. Only the lighting light of light field observation can be dimmed by this.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there are the following troubles with the means of the (A) - (C). That is, in (A), since the time and effort to which it carries out adjustable [of the voltage] one by one arises, there is a problem that workability falls. Although the time and effort to which voltage is changed by electricization can also be abolished, the microscope itself will be complicated and it will become a cost rise. Therefore, electricizing under a cheap microscope is difficult. Moreover, although this method is effective with a halogen lamp, it is difficult in an arc lamp.

Moreover, in (B) and (C), new parts called an ND filter become a light field lighting unit with eye a required hatch and its part cost rises.

[0006] Furthermore, the opportunity of the latest epi-illumination microscope to use combining active focal detection

equipment is increasing, and although the problem that the intensity of a focal detecting signal differs sharply has arisen in the switch of a light field lighting unit and a dark-field-illumination unit, since the lighting optical path for focal detection is different from the lighting optical path of a microscope, this problem is not solved by the method of these (A) - (C).

[0007] Moreover, when using active focal detection equipment, an above-mentioned trouble has independently the trouble which is listed to a degree in a switch of a light field observation unit and a dark field observation unit.

[0008] The situation of the flux of light which passes each lighting unit is compared in the light field observation unit 38 of drawing 8, and the dark field observation unit 40 of drawing 9. In the light field observation unit 38, since a plane-parallel plate 13 is in the portion which the reflected light from a sample passes, an optical axis will shift slightly in the back before passing a unit. On the other hand, in the dark field observation unit 40, since the portion which the reflected light from a sample passes has become in midair, a gap is not produced in an optical axis in the back before passing a unit. For example, in the light field observation unit 38 of drawing 8, if white-board glass ($n = 1.52$) with a thickness of 1mm is arranged at 45 degrees, the amount of gaps of about 0.33mm optical axis will occur. On the other hand, a gap of such an optical axis is not generated in the dark field observation unit 40 of drawing 9.

[0009] Conversely, when irradiating the light for focal detection toward a sample, in drawing 8 and drawing 9, the light for focal detection progresses to down from above [of drawing], and carries out incidence to an objective lens. Drawing 10 is with the case where the case where the light field observation unit 38 is inserted into an optical path, and the dark-field-illumination unit 40 are inserted, and it is shown what the incidence position of the light for focal detection which carries out incidence to an objective lens becomes. In addition, when the light field observation unit 38 was inserted into the optical path, active focal detection equipment and the installation position of a microscope should be decided by drawing 10 so that the light for focal detection might pass through the middle of the pupil 43 of the low scale-factor objective lens 42, and the pupil 47 of the high scale-factor objective lens 46. The arrow 44 shows the situation.

[0010] In such an installation state, the light field observation unit 38 is taken out from an optical path, and suppose that the dark field observation unit 40 was inserted into the optical path. In this case, since a gap of an optical axis is not produced in the dark-field-illumination unit 40, the light for focal detection will boil and carry out incidence of the position [middle / of the pupils 43 and 47 of objective lenses 42 and 46] shifted, as an arrow 45 shows.

[0011] Thus, when a gap arises in the position of the light which carries out incidence to the pupil of an objective lens, the light for focal detection which reflects by the sample and returns to a photo detector is KERARE ***** within an optical path until it returns to a photo detector. If KERARE occurs in the light for focal detection, the quantity of light of the light which carries out incidence to a photo detector will decrease. There is little influence which it has on focal detection with the low scale-factor objective lens 42 in addition since the diameter of a pupil is large and the amounts of KERARE by the objective lens though the incidence position of the light for focal detection shifts somewhat to a pupil 43 are [for which the problem that this leads to the fall of the signal strength for focal detection, and the precision of focal detection deteriorates is produced] few like drawing 10 (a). However, like drawing 10 (b), with the high scale-factor objective lens 46, since the diameter of a pupil 47 is small, even when gaps of an incidence position are few, the influence which it becomes impossible to disregard the amount of KERARE and gives it to the precision of focal detection becomes large. This invention was made in view of the above-mentioned problem, and in case the purpose changes and uses the lighting unit, for example, the light field lighting unit, and dark-field-illumination unit of a different kind, it is losing generating of an extreme quantity of light difference, and generating of an optical-axis gap.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the lighting system of this invention. The 1st lighting unit equipped with the 1st plane-parallel plate with which the reflective field which has predetermined permeability was formed, it has the change mechanism which inserts [unit / the aforementioned 1st lighting unit and the aforementioned 2nd lighting unit / the 2nd lighting unit equipped with the 2nd plane-parallel plate with which the reflective field which has a reflection factor higher than abbreviation ellipse-like a transparency field and this transparency field was formed, and] in an optical path, and is characterized by fulfilling the following conditions.

[0013] $0.8 < T_1/T_2 \leq 1$ — here, the average permeability of the visible wavelength region of a reflective field [in / the 1st plane-parallel plate of the above / in T_1] and T_2 are the average permeability of the visible wavelength region of the transparency field in the 2nd plane-parallel plate of the above. Moreover, the lighting system of this invention is taken as the preparing-in aforementioned 2nd lighting unit-optical member which produces the optical-axis gap of amount of optical-axis gaps and almost same amount produced with 1st plane-parallel plate of the above feature. Moreover, the lighting optical system with which the microscope system of this invention leads the light from the light source and this light source to a sample, it has active focal detection equipment which performs focal detection by the objective lens which irradiates the light from this lighting optical system at a sample, and the photo detector which receives the light which reflected from the sample. The 1st lighting unit equipped with the 1st plane-parallel plate with which the reflective field which has predetermined permeability was formed, The 2nd lighting unit equipped with the 2nd plane-parallel plate with which the reflective field which has a reflection factor higher than abbreviation ellipse-like a transparency field and this transparency field was formed, It is characterized by having had the change mechanism which inserts [unit / 2nd lighting / aforementioned / the aforementioned 1st lighting unit and] in an optical path, and having the lighting system which fulfills the following conditions.

[0014] $0.8 < T_1/T_2 \leq 1$ — here, the average permeability of the visible wavelength region of a reflective field [in / the 1st plane-parallel plate of the above / in T_1] and T_2 are the average permeability of the visible wavelength region of the transparency field in the 2nd plane-parallel plate of the above.

[0015]

[Embodiments of the Invention] The form of operation of this invention is shown in drawing 1. Drawing 1 is the microscope equipped with the lighting system of the form of this operation, and the epi-illumination microscope 1 is equipped with the light source (light equipment) 2, the lighting system 3, the objective lens 7, and the stage 9. Although observation of a sample is usually performed through an ocular, with the form of this operation, the image pick-up unit 10 which pictures the image of a sample 8 is arranged at the upper part of the main part of a microscope. The TV monitor 11 is connected to the image pick-up unit 10, and it observes by displaying the image of the sample 8 pictured in the image-pick-up-unit 10 on the TV monitor 11.

[0016] The lighting system 3 equips the interior with the lighting optical system 4 which projects the light from the light source 2, and the lighting light which passed the lighting optical system 4 is led to the lighting unit 5. Incidence of the lighting light reflected in the lighting unit 5 is carried out to an objective lens 7, and it illuminates a sample 8. As a lighting

unit 5, there are a light field lighting unit and a dark-field-illumination unit, and insertion and detachment into an optical path are performed by the move mechanism 6.

[0017] The light field lighting unit 12 used by the lighting system of the form of this operation is shown in drawing 2. The composition of the light field lighting unit 12 is the same as that of the conventional light field lighting unit 38 shown in drawing 8 almost, and in order to deflect the lighting light from the light source in the direction of an optical axis of an objective lens 16, the plane-parallel plate 13 is attached in the attachment component 15 with the inclination of 45 degrees to the optical axis of an objective lens a predetermined angle and here. The reflective film 14 with which the reflective field was formed in the front face of transparent substrates, such as a glass plate, and a plane-parallel plate 13 has predetermined permeability in a reflective field is formed. Incidence of the lighting light reflected by the reflective film 14 is carried out to an objective lens 16.

[0018] An objective lens 16 is a brightness-vision field combination objective lens, and it has the object optical system 17 which is made to let the reflected light from a sample 19 pass, and forms the image of a sample 19 while passing lighting light at the time of light field observation. Although the lighting optical path 18 for dark field illumination is formed in the circumference of the object optical system 17 in the shape of a concentric circle, in light field lighting, the light field lighting unit 12 or the lighting optical system 4 restricts the size of the flux of light of lighting light so that lighting light may pass only the object optical system 17.

[0019] The difference between the light field lighting unit 12 of the form of this operation here and the light field lighting unit 38 of drawing 8 is that the spectral transmittance of the reflective film 14 of a plane-parallel plate 13 and the reflective film 39 differs.

[0020] Drawing 3 is what showed the spectral transmittance property of the light field lighting unit used by the lighting system of this invention, and the conventional light field lighting unit, a horizontal axis is wavelength and a vertical axis is permeability. In drawing 3, a solid line shows the spectral transmittance property of the reflective film 14 of the light field lighting unit 12 used by the lighting system of the form of this operation, and the dotted line shows the reflective film 39 spectral-transmittance property of the conventional light field lighting unit 38. The reflective film 14 in the form of this operation has the feature in the point that average permeability is about 80% in a visible wavelength region so that drawing 3 may show. With the form of this operation, the reflective film 14 with such a spectral transmittance property is uniformly given on the surface of [whole] the glass plate, and serves as a plane-parallel plate 13. In addition, the reflective film 14 should just be given to the range of a glass plate in which lighting light is reflected at least. Moreover, it will be satisfactory if the difference is few even if it is a value lower than 80% on a part of wavelength, although the average permeability of a visible wavelength region points out the state of having 80% or more of permeability throughout a visible wavelength region, in 80%.

[0021] In light field observation, the light field lighting unit 12 which has the spectral transmittance property shown as the solid line of drawing 3 is inserted into the optical path. As mentioned above, the lighting light which came out of the light source 2 shown in drawing 1 is deflected toward an objective lens 16 by the reflective film 14 of the light field lighting unit 12, and a sample 19 is illuminated with an objective lens 16. After the light reflected by the sample 19 passes an objective lens 16 again, the reflective film 14 and a plane-parallel plate 13 are penetrated shortly, and the image pick-up unit 10 (for example, TV camera) shown in drawing 1 is reached. Therefore, the lighting light at the time of light field observation will penetrate the reflective film 14 once, after being reflected once by the reflective film 14.

[0022] It is made to restrict the quantity of light which carries out incidence of the spectral transmittance in the visible wavelength region of the reflective film 14 of the light field lighting unit 12 to the image pick-up unit 10 at the time of light field observation compared with 50% - about 70 conventional% with a larger value, for example, set up to less than 100% 80% or more, with the form of this operation.

[0023] Then, the quantity of light of the lighting light immediately after injecting the light source 2 is set to 1, and it assumes that it is a thing without the quantity of light loss by the optical system and the sample 19 which have been arranged from the light source 2 before the image pick-up unit 10, and it is as follows when the quantity of light which reaches to the image pick-up unit 10 is calculated.

[0024] For example, since it is set to reflection factor =0.2 and permeability =0.8 when the average of the spectral transmittance in the visible wavelength region of the reflective film 14 is 80%, the quantity of light which carries out incidence to the image pick-up unit 10 is set to $0.2 \times 0.8 = 0.16$ (16%) at the time of light source injection. Moreover, since it is set to reflection factor =0.05 and permeability =0.95 when the average of spectral transmittance is 95%, the quantity of light which carries out incidence to the image pick-up unit 10 is set to $0.05 \times 0.95 = 0.0475$ (4.75%) at the time of light source injection. On the other hand, in dark field observation, the dark-field-illumination unit 20 shown in drawing 4 of the same composition as drawing 9 is inserted into an optical path. As for the dark-field-illumination unit 20, the plane-parallel plate 21 is formed. The mirror coat 22 was given to the glass plate and, as for this plane-parallel plate 21, the center section is cut off in the shape of an abbreviation ellipse. In a part for the centrum 41 made by being cut off in the shape of an abbreviation ellipse, light penetrates, the portion of mirror coats 22 other than centrum part 41 has become the high reflective field of a reflection factor from a part for a centrum 41, and light is reflected. Therefore, the flux of light near an optical axis is interrupted, and the lighting light which came out of the light source 2 shown in drawing 1 turns into a ring band-like lighting light, and is reflected by the gobo 23 on the mirror coat 22 of the plane-parallel plate 21 in the dark-field-illumination unit 20. A ring band-like lighting light is deflected toward an objective lens 16, passes only the **** lighting optical path 18 of an objective lens 16, and reaches a sample 19. Therefore, lighting light is aslant irradiated by the sample, and lighting light is scattered about for it or diffracted by the sample 19. And only the scattered light and the diffracted light carry out incidence to the object optical system 17 of an objective lens 16. Although incidence of the scattered light and the diffracted light which passed the object optical system 17 is again carried out to the dark-field-illumination unit 20, shortly, a part for the centrum 41 formed in the core of a plane-parallel plate 21 is passed, and the image pick-up unit 10 is reached.

[0025] In dark field observation, since the lighting light from the light source 2 becomes zona orbicularis-like in the dark-field-illumination unit 20, the quantity of light of lighting light falls off here. Furthermore, since the light scattered about or diffracted by the sample 19 carries out incidence to the image pick-up unit 10, there is very little the quantity of light. Therefore, if the average of the spectral transmittance of the reflective film 14 is made 80% - 95% like the light field lighting unit used by the lighting system of the gestalt of this operation, since the quantity of light which carries out incidence to the image pick-up unit 10 can be lessened, the difference of the luminosity of the image at the time of light field observation and dark field observation can be made small. Moreover, since it is not necessary to use an ND filter as shown in the above (B) used conventionally and (C), without using a new optical member, in the time of light field observation and dark field observation, it is made the grade to which the difference in the luminosity of an image does

not cause trouble to observation, and things can be carried out and good observation is attained with easy composition also in observation [which].

[0026] In addition, it is as follows when it calculates about the quantity of light which reaches to the image pick-up unit 10 about the conventional light field illumination unit 38 for comparison. In the conventional light field illumination unit 38, the reflective film whose spectral transmittance property as shown by the dotted line of drawing 3 as a one-way mirror coat 39 is 50% - 70% is used. In this case, the quantity of light of the lighting light immediately after injecting the light source 2 is set to 1, and it assumes that it is a thing without the quantity of light loss by the optical system and the sample 19 from the light source 2 to the image pick-up unit 10, and it is as follows when the quantity of light which reaches to the image pick-up unit 10 is calculated. For example, since it is set to reflection factor = 0.5 and permeability = 0.5 when permeability is 50%, the quantity of light which carries out incidence to the image pick-up unit 10 is set to $0.5 \times 0.5 = 0.25$ (25%) at the time of light source injection. Moreover, since it is set to reflection factor = 0.3 and permeability = 0.7 when permeability is 70%, the quantity of light which carries out incidence to the image pick-up unit 10 is set to $0.3 \times 0.7 = 0.21$ (21%) at the time of light source injection.

[0027] Thus, conventionally, in order that spectral transmittance may use 80% - less than 100% of reflective film 14 by the lighting system of the form of this operation to the reaching quantity of light having been 25% - 21% at the time of light source injection to the image pick-up unit 10, it becomes about ten% - several % at the time of light source injection. Thereby, the quantity of light of light field observation is at the light field observation and dark field observation time, even if it becomes small with several $[1/]$ to a $1/10$ number compared with the former and does not use the aforementioned ND filter as shown in (B) and (C), and it can be made the quantity of light which is the grade which the difference in the luminosity of an image does not worry.

[0028] By the way, in order that a dark-field-illumination unit may secure a luminosity as usual, the permeability of a core must be high as much as possible. Therefore, $0.8 < T_1/T_2 < 1$ it is necessary to fill the conditional expression of 1. Here, the average permeability of the visible wavelength region of a reflective field [in / the plane-parallel plate 13 of the unit 12 for light fields / in T_1] (reflective film 14) and T_2 are the average permeability of the visible wavelength region of the transparency field (a part for a centrum 41) in the plane-parallel plate 21 of the dark field unit 20. In addition, in order to secure the luminosity of an image by dark field observation, as for T_2 , it is desirable to make it the following values within the limits.

[0029] $90\% < T_2 < 1$ Since it is possible when using the plane-parallel plate 25 which gave the mirror coat 22 to portions other than an abbreviation ellipse-like field for the glass plate from which the portion 26 which the reflected light from a sample penetrates (passage) has not become in midair like the dark-field-illumination unit 24 shown in drawing 5 as 100%, however a dark field observation unit, it is $0.8 < T_1/T_2 \leq 1$. It was referred to as 1. At this time, although the permeability of the optical-axis core of the dark field observation unit 24 falls more slightly than 100%, it is satisfactory. [of a real us top] In case it is used in the conventional microscope by taking the above composition, changing a light field lighting unit and a dark-field-illumination unit, generating of an extreme quantity of light difference (difference in the luminosity of an image) can be suppressed. Therefore, in order to enlarge the luminosity of the image in dark field observation, even if it is the case where the light source of high brightness is used, the dazzle at the time of light field observation is mitigable. Moreover, the plane-parallel plate 13 of the light field lighting unit 12 is what attached less than 100% of one-way mirror coat 80% or more, and since it is good, even if it compares with the usual one-way mirror coat, it hardly becomes a cost rise. In addition, in the light field lighting unit 12 of drawing 2, if it changes into a no coat state (state without the reflective film 14) and a glass plate is used as a plane-parallel plate 13, the plane-parallel plate of a several % reflection factor can be realized, without spending at all the costs which form a reflective film.

[0030] Next, the case where it is used for a microscope combining active focal detection equipment is explained. Active focal detection equipment floodlights lighting light from the light source for focal detection to a sample side, receives the reflected light reflected from the sample by the photo detector, and performs focal detection with the focal signal outputted from there.

[0031] Drawing 6 shows the situation of the equipment configuration when attaching active focal detection equipment to the existing epi-illumination microscope. In drawing 6, 27 is active focal detection equipment. In drawing 6, active focal detection equipment 27 is attached between the lighting system 3 of the epi-illumination microscope 1, and the image pick-up unit 10. It is more desirable to arrange so that it may put above a lighting system 3 in order for this to be because the physical relationship is set up so that a lighting system 3 may serve as an objective lens 7 and optimal image formation relation, and not to break down the relation. Active focal detection equipment 27 is equipped with the light source 28, a gobo 29, the one-way mirror 30, the collimate lens 31, the dichroic mirror 32, and the sensing element (photo detector) 33. The half of the flux of light is shaded with the gobo 29 with which the lighting light for focal detection which came out of the light source 28 (for example, red - near-infrared semiconductor laser) of active focal detection equipment 27 has been arranged near the optical axis. It is reflected by the one-way mirror 30, and the half of the flux of light which was not shaded with a gobo 29 becomes the parallel flux of light by the collimator lens 31. Since the dichroic mirror 32 has the spectral transmittance property of reflecting only the wavelength of the light which the light source 28 emits, the lighting light for focal detection is deflected toward an objective lens 7, and condenses it on a sample 8. The flux of light for focal detection reflected by the sample 8 passes the optical path of the time of incidence, and an opposite side on both sides of an optical axis, returns to active focal detection equipment 27 again, and is reflected towards a sensing element 33 with a dichroic mirror 32. The reflected light which turned into convergence light by the collimator lens 31 passes a one-way mirror 30, and it carries out incidence to a sensing element 33. The electrical signal according to the position of the light which received light generates a sensing element 33, and a focus state is computed by an electrical signal being sent to a controller 34. And a controller generates the signal which drives a motor 35 based on the computed result. Since the motor 35 is connected to the drive tongue which goes up and down a stage 9, when a motor 35 rotates, taking up and down and focus doubling are performed for a stage 9. Therefore, in the composition of drawing 6, the light for focal detection will pass the lighting unit 5 in a lighting system 3 twice.

[0032] Here, when the light field lighting unit 36 shown in conventional drawing 8 as a lighting unit is used, the lighting light for focal detection which came out of the light source 28 will pass the reflective film 22 twice. In this case, the quantity of light of the reflected light (lighting light for focal detection) which returns to a sensing element 33 sets the permeability of the reflective film 22 to α , and if it assumes that it is a thing without the quantity of light loss by other optical system and samples 19, it will be set to $10\alpha^2$ at the maximum. (Quantity of light of the lighting light which 10 was injected from the light source 28, and was deflected with the dichroic mirror 32 at the objective lens 7 side.)

On the other hand, when the dark-field-illumination unit 40 of drawing 9 is used as a lighting unit, the light which comes

out of the light source 28 of active focal detection equipment 27, and returns to a sensing element 33 since the core of a plane-parallel plate 21 is hollow is hardly decreased. For example, the light field lighting unit which uses the one-way mirror whose permeability is 50%, and the intensity of the flux of light for focal detection to which a core reaches a photo detector in a dark-field-illumination unit in the air will have a 4 times as many difference as this. Moreover, if permeability is 70%, it will become a twice [about] as many difference as this.

[0033] With active focal detection equipment 27, the luminous intensity which a sensing element 33 receives by the reflection factor of a sample, the difference in the magnification of objective, etc. changes sharply. Therefore, although it is required that it should have the large dynamic range which covers all of these on-the-strength change in active focal detection equipment 27, it is very difficult to actually realize. In such a situation, if the use form which switches the light field observation unit 36 and the dark field observation unit 40 is added, it will become still more difficult to make it not influenced of a quantity of light difference which was mentioned above and which is switched and is therefore produced. However, if the light field lighting unit 12 of drawing 2 which satisfies conditions (1) is used, the difference of the permeability in the core of a light field observation unit and a dark-field-illumination unit can be made smaller compared with the former. Consequently, the trouble that the difference of the intensity of a focal detecting signal is large is solvable at the time of active focal detection equipment use. In addition, if the conditions of (1) are fulfilled, the on-the-strength difference of a focal detecting signal can be suppressed to less than 1.6 times. Moreover, if the dark field observation unit 24 which has the plane-parallel plate 25 shown in drawing 5, and the light field observation unit which used what removed the reflective film 14 from the plane-parallel plate 13 of drawing 2 as a plane-parallel plate are combined, it is also possible to make the difference of signal strength into zero.

[0034] Next, about the problem that an optical axis shifts when the dark field observation unit 4 shown in the light field observation unit 36 shown in conventional drawing 8 and drawing 9 is used together, it has solved with the form of this operation by preparing the means which produces the optical axis of the almost same amount as the amount of optical-axis gaps produced with the plane-parallel plate of a light field lighting unit in a dark-field-illumination unit. If white-board glass ($n = 1.52$) with a thickness of 1mm is arranged at 45 degrees as mentioned above for example, a gap of about 0.33mm optical axis will be generated. Then, with the form of this operation, this problem is solved by including a means to generate the same gap as this amount of gaps in a dark field observation unit. It is specifically using the dark-field-illumination unit 24 shown in drawing 5. In the dark-field-illumination unit 24 of drawing 5, the amount of [of a plane-parallel plate 25] optical-axis core has not become in midair. Therefore, the same amount of optical-axis gaps as the amount of optical-axis gaps which generates the thickness and the material of a plane-parallel plate 13 and a plane-parallel plate 25 in **** made the same and the light field lighting unit 12 will also produce the dark-field-illumination unit 24. Therefore, even if it changes the light field lighting unit 12 and the dark-field-illumination unit 24, an optical-axis gap is not produced. Another concrete composition is shown in drawing 7. In drawing 7, the plane-parallel plate 21 currently used in the conventional dark-field-illumination unit 46 shown in drawing 9 is used. Therefore, although an optical-axis gap arises with this, it is made to lose an optical-axis gap in the dark-field-illumination unit 36 shown in drawing 7 by arranging the transparent plane-parallel plate 37 with the fixed thickness leaned in the dark-field-illumination unit 36 at a certain angle. Here, the plane-parallel plate 37 is arranged in the position through which only the reflected light from the sample in the dark-field-illumination unit 36 passes. In addition, it is suitable and the sense of it having to come out [which produces an optical-axis gap equivalent to the light field observation unit 12] which leans a plane-parallel plate 37 is natural. What is necessary is to use 2.1mm at 1.7mm and 25 degrees, and just to use a thing with a thickness of 3.6mm in 15 degrees at 30 degrees, if it becomes white-board glass ($n = 1.52$) about the thickness of the angle and plane-parallel plate 37 to lean in order to generate a 0.33mm optical-axis gap.

[0035] [0036] which can solve the problem of the optical-axis gap by switch of a light field observation unit and a dark field observation unit, and can prevent precision degradation at the time of focal detection by taking the above composition even if it is the case where it combines with active focal detection equipment

[Effect of the Invention] as mentioned above, the microscope system by this invention — the trouble at the time of the change of the light field observation at the time of epi-illumination, and dark field observation — solving — in addition — and the best effect can be demonstrated also in combination with active focal detection equipment

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is drawing showing the microscope equipped with the lighting system of this invention.
- [Drawing 2] It is drawing showing the beam of light which carries out incidence to an objective lens by the light field lighting unit used by the lighting system of this invention, and this unit.
- [Drawing 3] It is drawing showing the spectral transmittance property of the light field lighting unit used by the lighting system of this invention, and the conventional light field lighting unit.
- [Drawing 4] It is drawing showing ***** which carries out incidence to an objective lens by the dark-field-illumination unit used by the lighting system of this invention, and this unit.
- [Drawing 5] (a) It is drawing showing the plane-parallel plate used for another dark-field-illumination unit used by the lighting system of this invention, and (b) this unit.
- [Drawing 6] It is drawing when attaching active focal detection equipment in the microscope equipped with the lighting system of this invention.
- [Drawing 7] It is drawing showing another dark-field-illumination unit used by the lighting system of this invention.
- [Drawing 8] It is drawing showing the conventional light field lighting unit.
- [Drawing 9] (a) It is drawing showing the plane-parallel plate used for the conventional dark-field-illumination unit and (b) this unit.
- [Drawing 10] The light for focal detection is drawing showing signs that incidence is carried out in an objective lens.

[Description of Notations]

- 1 Epi-illumination Microscope
- 2 Light Source
- 3 Lighting System
- 4 Lighting Optical System
- 5 Lighting Unit
- 6 Mov. Mechanism
- 7, 42, 46 Objective lens
- 8 19 Sample
- 9 Stage
- 10 Image Pick-up Unit
- 11 TV Monitor
- 12 38 Light field lighting unit
- 13 25 Plane-parallel plate (with no centrum)
- 14 39 Reflective film
- 15 Attachment Component
- 16 Dark Field Objective Lens
- 17 Object Optical System
- 18 Optical Path for Dark Field Illumination
- 20, 24, 36, 40 Dark-field-illumination unit
- 21 Plane-parallel Plate (Those with Centrum)
- 22 Mirror Coat
- 23 Gobo
- 26 Reflected Light Passage Portion (Those with Plane-parallel Plate)
- 27 Active Focal Detection Equipment
- 28 Light Source (for Focal Detection)
- 29 Gobo
- 30 One-way Mirror
- 31 Collimate Lens
- 32 Dichroic Mirror
- 33 Sensing Element
- 34 Controller
- 35 Motor
- 37 Plane-parallel Plate
- 41 Centrum
- 43 47 Pupil of an objective lens
- 44 Flux of Light Incidence Position (when Light Field Observation Unit is in Optical Path)
- 45 Flux of Light Incidence Position (when Dark Field Observation Unit is in Optical Path)

[Translation done.]

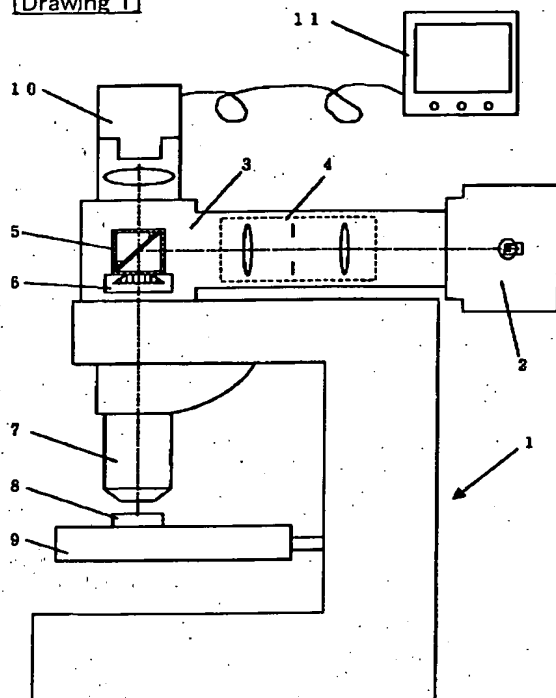
*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

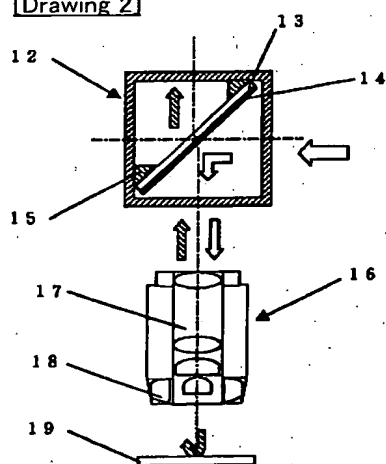
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

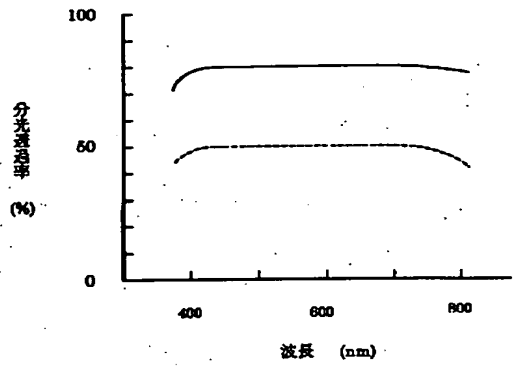
[Drawing 1]



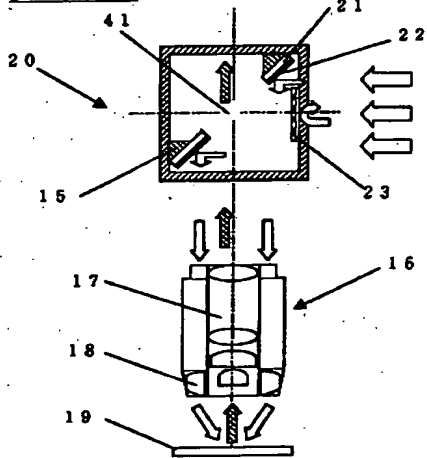
[Drawing 2]



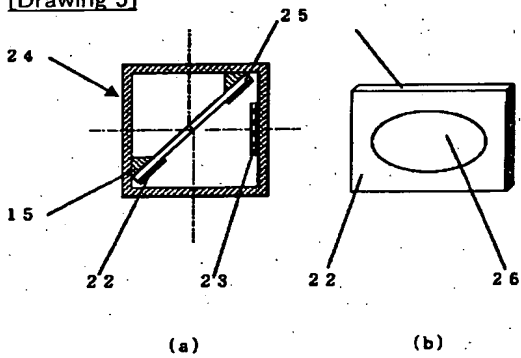
[Drawing 3]



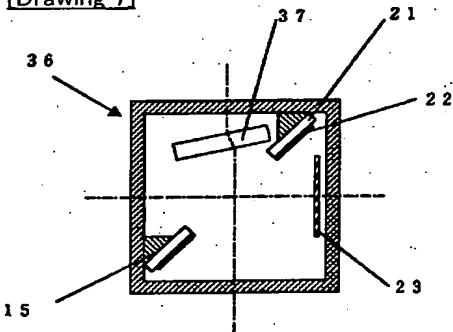
[Drawing 4]



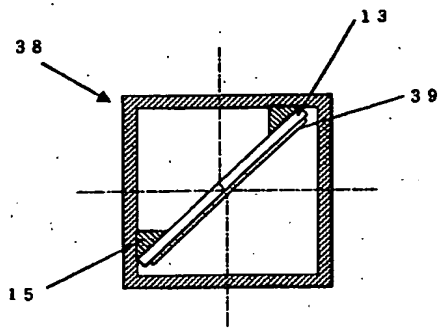
[Drawing 5]



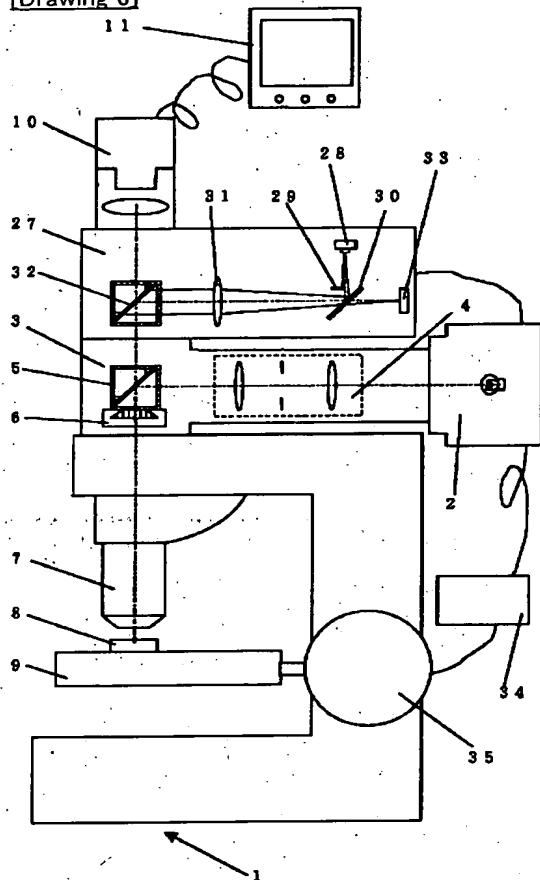
[Drawing 7]



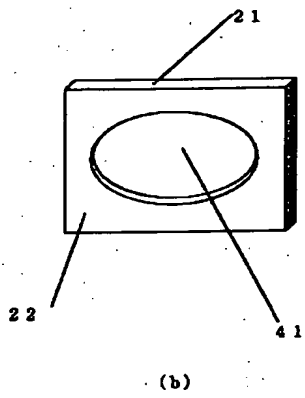
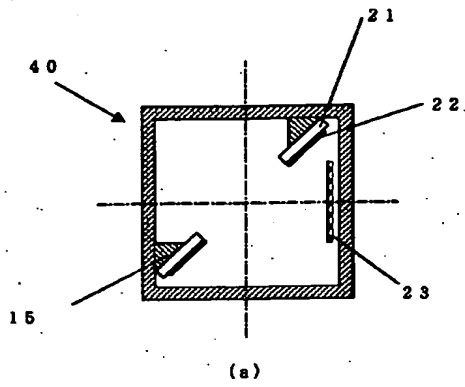
[Drawing 8]



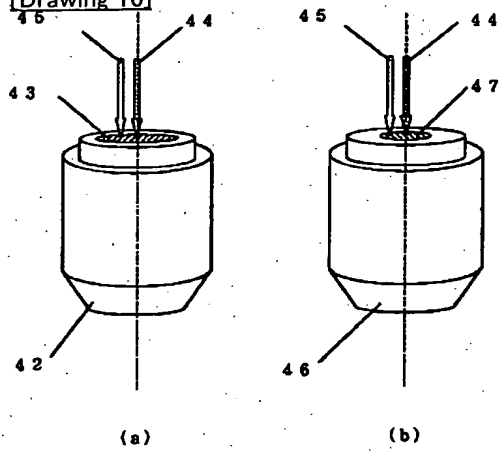
[Drawing 6]



[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Translation done.]

(a)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-125002
(P2001-125002A)

(43) 公開日 平成13年5月11日 (2001.5.11)

(51) Int.Cl.
G 0 2 B 21/10

識別記号

F I
G 0 2 B 21/10

キーワード (参考)
2 H 0 5 2

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-304844

(22) 出願日 平成11年10月27日 (1999. 10. 27)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号

(72) 発明者 藤本 竜

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

F ターム (参考) 2H052 AC04 AC08 AC28 AD09 AD32
AD36

(54) 【発明の名称】 照明装置及び照明装置を備えた顕微鏡システム

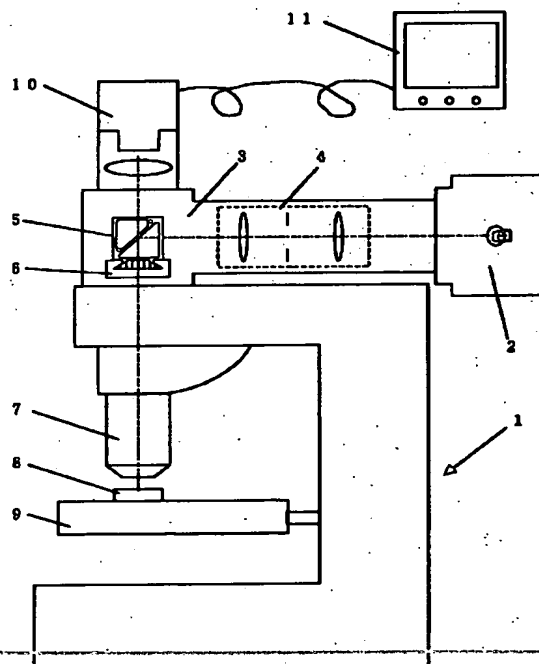
(57) 【要約】

【課題】 明視野照明ユニットと暗視野照明ユニットを切替えて使用する際に、極端な光量差の発生や光軸ずれの発生をなくす。

【解決手段】 明視野照明ユニットと暗視野照明ユニットを切替えて使用する顕微鏡の照明装置において、明視野照明ユニットの平行平板に施された反射膜の透過率を T_1 、暗視野照明ユニットの平行平板に施された反射膜の透過率を T_2 とした時、以下の条件を満足するようにした。

$$0.8 < T_1 / T_2 \leq 1$$

また、暗視野照明ユニットに光軸ずれを補正する光学素子を配置した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の透過率を有する反射領域が形成された第1の平行平板を備えた第1照明ユニットと、略楕円状の透過領域と該透過領域よりも高い反射率を有する反射領域が形成された第2の平行平板を備えた第2照明ユニットと、前記第1照明ユニットと前記第2照明ユニットを光路中に挿脱する切換機構を備え、以下の条件を満たすことを特徴とする照明装置。

$$0.8 < T1/T2 \leq 1$$

ここで、 $T1$ は前記第1の平行平板における反射領域の可視波長域の平均透過率、 $T2$ は前記第2の平行平板における透過領域の可視波長域の平均透過率である。

【請求項2】 前記第1の平行平板によって生じた光軸ずれ量と略同量の光軸ずれを生じさせる光学部材を前記第2照明ユニットに設けたことを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項3】 光源と、該光源からの光を標本に導く照明光学系と、該照明光学系からの光を標本に照射する対物レンズと、標本から反射した光を受光する受光素子によって焦点検出を行うアクティブ焦点検出装置を有し、所定の透過率を有する反射領域が形成された第1の平行平板を備えた第1照明ユニットと、略楕円状の透過領域と該透過領域よりも高い反射率を有する反射領域が形成された第2の平行平板を備えた第2照明ユニットと、前記第1照明ユニットと前記第2照明ユニットを光路中に挿脱する切換機構を備え、以下の条件を満たす照明装置を備えたことを特徴とする顕微鏡システム。

$$0.8 < T1/T2 \leq 1$$

ここで、 $T1$ は前記第1の平行平板における反射領域の可視波長域の平均透過率、 $T2$ は前記第2の平行平板における透過領域の可視波長域の平均透過率である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は照明装置に関するもので、特に同軸落射照明を行う照明装置に関する。また、該照明装置を用いた顕微鏡システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、LSIや半導体ウェハあるいは金属表面などを観察する場合、同軸落射照明装置を組み込んだ顕微鏡、すなわち落射照明顕微鏡が利用されている。落射照明顕微鏡には、落射明視野観察だけでなく、落射暗視野観察、落射偏光観察、落射微分干渉観察、落射蛍光観察などの各種観察方法を選択できるようになったものがある。現在販売されているほとんどの落射照明顕微鏡は、明視野観察と暗視野観察が切り換え可能になっている。具体的には、落射照明装置の内部に明視野照明ユニットと暗視野照明ユニットを配置し、これらのユニットを切り換えることで照明方法（観察方法）の切り換えを行っている。図8は一般的な明視野照明ユニット38を示したもので、光源からの照明光を対物レンズの

光軸方向に偏向させるために、平行平板13が対物レンズの光軸に対して45度の角度で保持部材15に取り付けられている。この平行平板13は透明なガラス板の表面に透過率（あるいは反射率）が50%のハーフミラーコート39を施したもので、光源からの照明光を対物レンズに向けて反射するとともに、標本で反射して再び対物レンズを通過した光を透過させるようになっている。また、図9は一般的な暗視野照明ユニット40を示したもので、光源からの照明光を対物レンズの光軸方向に偏向させるために、平行平板21が対物レンズの光軸に対して45度の角度で保持部材15に取り付けられている。平行平板21はガラス板の中心部が略楕円状に切り抜かれて中空になっており、残った部分の表面に反射率が90%以上のミラーコート22が施されている。よって、光源からの照明光はミラーコート面22でのみ反射されることになり、対物レンズには輪帯状の光束が入射することになる。標本で反射した光は、対物レンズを通過後、中空部分41（切り抜かれた略楕円状の部分）を通過する。なお23は遮光板で、照明光の中心部付近を遮る程度の大きさを有しており、これが光軸上に配置されている場合は、ここで照明光は輪帯状の光束となる。このように、従来の落射照明顕微鏡では、明視野照明ユニット38と暗視野照明ユニット40の専用ユニットがそれぞれ用意され、光路内に挿脱されるようになっているため、容易に観察法の切換が可能になるだけでなく、それぞれの観察法に合った効率の良い照明ができるようになっている。更に、他の偏光観察や微分干渉観察専用の照明ユニット、蛍光観察専用の照明ユニットを用意することで、明視野観察や暗視野観察以外の観察方法に切り換えることもできる。

【0003】ところで、暗視野観察では標本の傷やゴミによる散乱光や回折光を観察するため、明視野観察と比較して観察される像の明るさが極端に小さい。そのため、暗視野観察で適切な像の明るさを得るには、光源として輝度の高いものを用いる必要が生じる。光源がハロゲンランプの場合には、ランプに供給する電圧を上げることで輝度を上げることができる。あるいは、水銀アークランプやキセノンアークランプ、メタルハライドアークランプを使用すれば、ハロゲンランプよりも更に高い輝度を得ることが可能である。

【0004】しかしながら、暗視野観察で適切な明るさの観察ができるように輝度の高い光源を使用すると、明視野観察用の照明光としては光強度が強すぎるため、眩しくて標本の観察に支障をきたすという問題点が生じる。このような問題点については、従来、以下のような手段により解決が試みられてきた。

(A) 明視野観察時と暗視野観察時で光源に供給する電圧を可変する。すなわち、明視野観察時には電圧を下げ、暗視野観察時には電圧を上げることによって照明光の光量を調整する。

(B) 光源と切り換えユニットとの間に、一部の光束の透過光量を制限するNDフィルターを挿入する。このNDフィルターは、明視野観察に使用する照明光束のみ制限し、暗視野観察に使用する照明光束には影響を与えない形状になっている。これにより明視野観察の照明光のみを減光することができる。

(C) 明視野観察ユニットの内部の光源側にNDフィルターを取り付ける。これによって、明視野観察の照明光のみを減光することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これら(A)～(C)の手段では、次のような問題点がある。すなわち、(A)においては、いちいち電圧を変化させる手間が生じるため作業性が落ちるという問題がある。電動化により電圧を変化させる手間を無くすこともできるが、顕微鏡そのものが複雑化しコストアップになってしまう。そのため、廉価な顕微鏡での電動化は困難である。また、この方法はハロゲンランプでは有効であるが、アークランプでは困難である。また、(B)と(C)においては、明視野照明ユニットにNDフィルターという新たな部品が必要なため、その分コストアップとなる。

【0006】さらに、最近の落射照明顕微鏡はアクティブ焦点検出装置を組み合わせて使用する機会が増えており、明視野照明ユニットと暗視野照明ユニットの切り換えで、焦点検出信号の強度が大幅に異なるという問題が生じているが、これら(A)～(C)の方法では、焦点検出用の照明光路は顕微鏡の照明光路と別であるため、この問題は解決されない。

【0007】また、アクティブ焦点検出装置を使用する場合、明視野観察ユニットと暗視野観察ユニットの切り換えには、上述の問題点とは別に、次に挙げるような問題点がある。

【0008】図8の明視野観察ユニット38と、図9の暗視野観察ユニット40とで、それぞれの照明ユニットを通過する光束の様子を比べてみる。明視野観察ユニット38では、標本からの反射光が通過する部分に平行平板13があるため、ユニットを通過する前と後で光軸がわずかにずれてしまう。これに対して、暗視野観察ユニット40では、標本からの反射光が通過する部分は中空になっているため、ユニットを通過する前と後で光軸にずれは生じない。例えば、図8の明視野観察ユニット38では、厚み1mmの白板ガラス($n=1.52$)を45度で配置すると、約0.33mmの光軸のずれ量が発生する。一方、図9の暗視野観察ユニット40では、このような光軸のずれは発生しない。

【0009】逆に標本に向かって焦点検出用の光を照射する場合、図8及び図9において焦点検出用の光は図の上方向から下方向に進み対物レンズに入射する。図10は、光路中に明視野観察ユニット38が挿入された場合

と暗視野照明ユニット40が挿入された場合とで、対物レンズへ入射する焦点検出用の光の入射位置がどのようになるかを示している。なお図10では、光路中に明視野観察ユニット38が挿入されている時に、焦点検出用の光が低倍率対物レンズ42の瞳43、及び高倍率対物レンズ46の瞳47の真ん中を通過するように、アクティブ焦点検出装置と顕微鏡の取り付け位置が決まっているものとする。矢印44はその様子を示している。

【0010】このような取り付け状態において、光路から明視野観察ユニット38を取り出し、暗視野観察ユニット40を光路中に挿入したとする。この場合、暗視野照明ユニット40で光軸のずれは生じないため、焦点検出用の光は矢印45で示すように、対物レンズ42、46の瞳43、47の真ん中からずれた位置を入射することになる。

【0011】このように、対物レンズの瞳に入射する光の位置にずれが生じると、標本で反射して受光素子に戻る焦点検出用の光は、受光素子に戻るまでの光路内でケラレてしまう。焦点検出用の光にケラレが発生すると、受光素子に入射する光の光量が減少する。これは焦点検出用の信号強度の低下につながり、焦点検出の精度が劣化するという問題を生じる。なお、低倍率対物レンズ42では瞳の直径が大きいので、図10(a)のように、瞳43に対して焦点検出用の光の入射位置が多少ずれたとしても、対物レンズによるケラレの量はわずかなので焦点検出に与える影響は少ない。ところが、図10(b)のように高倍率対物レンズ46では瞳47の直径が小さいので、入射位置のずれがわずかでケラレの量が無視できなくなり、焦点検出の精度に与える影響が大きくなる。本発明は上記の問題に鑑みてなされたもので、その目的は、異なる種類の照明ユニット、例えば明視野照明ユニットと暗視野照明ユニットを切替えて使用する際に、極端な光量差の発生や光軸ずれの発生をなくすることである。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明の照明装置は、所定の透過率を有する反射領域が形成された第1の平行平板を備えた第1照明ユニットと、略楕円状の透過領域と該透過領域よりも高い反射率を有する反射領域が形成された第2の平行平板を備えた第2照明ユニットと、前記第1照明ユニットと前記第2照明ユニットを光路中に挿脱する切換機構を備え、以下の条件を満たすことを特徴としている。

$$【0013】 0.8 < T1/T2 \leq 1$$

ここで、 $T1$ は前記第1の平行平板における反射領域の可視波長域の平均透過率、 $T2$ は前記第2の平行平板における透過領域の可視波長域の平均透過率である。また、本発明の照明装置は、前記第1の平行平板によって生じた光軸ずれ量と略同量の光軸ずれを生じさせる光学部材を前記第2照明ユニットに設けたこと特徴とし

ている。また、本発明の顕微鏡システムは、光源と、該光源からの光を標本に導く照明光学系と、該照明光学系からの光を標本に照射する対物レンズと、標本から反射した光を受光する受光素子によって焦点検出を行うアクティブ焦点検出装置を有し、所定の透過率を有する反射領域が形成された第1の平行平板を備えた第1照明ユニットと、略楕円状の透過領域と該透過領域よりも高い反射率を有する反射領域が形成された第2の平行平板を備えた第2照明ユニットと、前記第1照明ユニットと前記第2照明ユニットを光路中に挿脱する切換機構を備え、以下の条件を満たす照明装置を備えたことを特徴としている。

$$【0014】 0.8 < T1/T2 \leq 1$$

ここで、 $T1$ は前記第1の平行平板における反射領域の可視波長域の平均透過率、 $T2$ は前記第2の平行平板における透過領域の可視波長域の平均透過率である。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図1に示す。図1は本実施の形態の照明装置を備えた顕微鏡で、落射照明顕微鏡1は、光源（光源装置）2、照明装置3、対物レンズ7、ステージ9を備えている。標本の観察は通常、接眼レンズを介して行われるが、本実施の形態では標本8の像を撮像する撮像ユニット10が顕微鏡本体の上部に配置されている。撮像ユニット10にはTVモニタ11が接続されており、撮像ユニット10で撮像された標本8の像をTVモニタ11に表示することによって、観察を行うようになっている。

【0016】照明装置3は光源2からの光を投影する照明光学系4を内部に備えており、照明光学系4を通過した照明光は照明ユニット5に導かれる。照明ユニット5で反射された照明光は、対物レンズ7に入射して標本8を照明する。照明ユニット5としては明視野照明ユニットと暗視野照明ユニットがあり、移動機構6によって光路内への挿脱が行われる。

【0017】図2には、本実施の形態の照明装置で用いられる明視野照明ユニット12が示されている。明視野照明ユニット12の構成は、図8に示した従来の明視野照明ユニット38とほぼ同様で、光源からの照明光を対物レンズ16の光軸方向に偏向させるために、平行平板13が対物レンズの光軸に対して所定の角度、ここでは45度の傾きで保持部材15に取り付けられている。平行平板13はガラス板等の透明基板の表面に反射領域が形成されたもので、反射領域には所定の透過率を有する反射膜14が形成されている。反射膜14で反射された照明光は対物レンズ16に入射する。

【0018】対物レンズ16は明暗視野兼用対物レンズであって、明視野観察時に照明光を通過させると共に、標本19からの反射光を通過させて標本19の像を形成する対物光学系17を有している。対物光学系17の周囲には暗視野照明用の照明光路18が同心円状に形成され

ているが、明視野照明の場合には対物光学系17のみを照明光が通過するように、明視野照明ユニット12あるいは照明光学系4で照明光の光束の大きさを制限するようになっている。

【0019】ここで本実施の形態の明視野照明ユニット12と図8の明視野照明ユニット38との相違点は、平行平板13の反射膜14と反射膜39の分光透過率が異なっていることである。

【0020】図3は本発明の照明装置で用いられる明視野照明ユニットと従来の明視野照明ユニットの分光透過率特性を示したもので、横軸は波長、縦軸は透過率である。図3において、実線は本実施の形態の照明装置で用いられる明視野照明ユニット12の反射膜14の分光透過率特性を示し、点線は従来の明視野照明ユニット38の反射膜39の分光透過率特性を示している。図3からわかるように、本実施の形態における反射膜14は、可視波長域で平均の透過率が約80%である点に特徴がある。本実施の形態では、このような分光透過率特性を持つ反射膜14がガラス板の表面全体に均一に施されており、平行平板13となっている。なお、反射膜14はガラス板の少なくとも照明光が反射される範囲に施されていれば良い。また、可視波長域の平均透過率が80%とは、可視波長域の全域で80%以上の透過率を有する状態を指すが、一部の波長で80%よりも低い値になっても、その差がわずかであれば問題はない。

【0021】明視野観察では、図3の実線で示す分光透過率特性を有する明視野照明ユニット12が光路中に挿入されている。前述のように、図1に示す光源2から出た照明光は、明視野照明ユニット12の反射膜14で対物レンズ16に向かって偏向され、対物レンズ16により標本19が照明される。標本19で反射された光は再び対物レンズ16を通過した後、今度は反射膜14と平行平板13を透過し、図1に示す撮像ユニット10

（例えばTVカメラ）に到達する。よって、明視野観察時の照明光は反射膜14で1回反射された後、反射膜14を1回透過することになる。

【0022】本実施の形態では、明視野照明ユニット12の反射膜14の可視波長域における分光透過率を、従来の50%~70%程度に比べてより大きい値、例えば80%以上100%未満に設定することで、明視野観察時における撮像ユニット10に入射する光量を制限するようにしている。

【0023】そこで、光源2を射出した直後の照明光の光量を1とし、光源2から撮像ユニット10までの間に配置された光学系や標本19による光量損失がないものと仮定して、撮像ユニット10まで到達する光量を計算すると次のようになる。

【0024】例えば、反射膜14の可視波長域における分光透過率の平均値が80%の場合、反射率=0.2、透過率=0.8になるため、撮像ユニット10に入射す

る光量は光源射出時の $0.2 \times 0.8 = 0.16$ (16%)となる。また、分光透過率の平均値が95%の場合は、反射率=0.05、透過率=0.95になるため、撮像ユニット10に入射する光量は光源射出時の $0.05 \times 0.95 = 0.0475$ (4.75%)となる。一方、暗視野観察の場合、図9と同様な構成の図4に示す暗視野照明ユニット20が光路中に挿入される。暗視野照明ユニット20は平行平板21が設けられている。この平行平板21は、ガラス板にミラーコート22が施されたもので、中央部が略楕円状に切り取られている。略楕円状に切り取られてきた中空部分41では光が透過し、中空部分41以外のミラーコート22の部分は中空部分41よりも反射率の高い反射領域になっており、光が反射される。よって、図1に示す光源2から出た照明光は、遮光板23によって光軸付近の光束が遮られて輪帯状の照明光になり、暗視野照明ユニット20内の平行平板21のミラーコート22で反射される。輪帯状の照明光は対物レンズ16に向かって偏向され、対物レンズ16の暗射照明光路18のみを通過し、標本19に達する。したがって、標本には斜めに照明光が照射され、照明光が標本19によって散乱あるいは回折される。そして、散乱光や回折光のみが対物レンズ16の対物光学系17に入射する。対物光学系17を通過した散乱光や回折光は暗視野照明ユニット20に再び入射するが、今度は平行平板21の中心部に形成された中空部分41を通過して、撮像ユニット10に到達する。

【0025】暗視野観察では、光源2からの照明光は暗視野照明ユニット20で輪帯状になるため、ここで照明光の光量が落ちる。さらに、標本19で散乱あるいは回折された光が撮像ユニット10に入射するので、その光量は非常に少ない。したがって、本実施の形態の照明装置で用いる明視野照明ユニットのように反射膜14の分光透過率の平均値を80%~95%にしておくと、撮像ユニット10に入射する光量を少なくすることができるので、明視野観察時と暗視野観察時の像の明るさの差を小さくすることができる。また、従来用いられていた前記(B)、(C)のようなNDフィルターを用いる必要がないため、新たな光学部材を使用せずに明視野観察時と暗視野観察時とで、像の明るさの違いが観察に支障をきたさない程度にすることで、いずれの観察においても簡単な構成で良好な観察が可能になる。

【0026】なお、比較のために従来の明視野観察照明ユニット38について、撮像ユニット10まで到達する光量について計算すると以下ようになる。従来の明視野観察照明ユニット38では、ハーフミラーコート39として図3の点線で示すような分光透過率特性が50%~70%の反射膜が使用されている。この場合、光源2を射出した直後の照明光の光量を1とし、光源2から撮像ユニット10までの光学系や標本19による光量損失がないものと仮定して、撮像ユニット10まで到達する光量

を計算すると次のようになる。例えば、透過率が50%の場合、反射率=0.5、透過率=0.5になるため、撮像ユニット10に入射する光量は光源射出時の $0.5 \times 0.5 = 0.25$ (25%)となる。また、透過率が70%の場合は、反射率=0.3、透過率=0.7になるため、撮像ユニット10に入射する光量は光源射出時の $0.3 \times 0.7 = 0.21$ (21%)となる。

【0027】このように、従来は撮像ユニット10まで到達する光量が光源射出時の25%~21%であったのに対し、本実施の形態の照明装置では分光透過率が80%~100%未満の反射膜14を用いるため、光源射出時の10数%~数%となる。これにより、明視野観察の光量は、従来に比べて数分の1から数十分の1と小さくなり、前記の(B)(C)のようなNDフィルターを用いなくとも、明視野観察時と暗視野観察時で、像の明るさの違いが気にならない程度の光量にすることが可能である。

【0028】ところで、暗視野照明ユニットは従来通りの明るさを確保するために、中心部の透過率はできるだけ高くなくてはならない。よって、

$$0.8 < T1/T2 < 1$$

の条件式を満たす必要がある。ここで、T1は明視野用ユニット12の平行平板13における反射領域(反射膜14)の可視波長域の平均透過率、T2は暗視野ユニット20の平行平板21における透過領域(中空部分41)の可視波長域の平均透過率である。なお、暗視野観察で像の明るさを確保するために、T2は以下の範囲内の値にすることが好ましい。

$$【0029】90\% < T2 < 100\%$$

ただし、暗視野観察ユニットとして、図5に示す暗視野照明ユニット24のように、標本からの反射光が透過(通過)する部分26が中空になっていないガラス板に、略楕円状の領域以外の部分にミラーコート22を施した平行平板25を使用する場合も有り得るので、

$$0.8 < T1/T2 \leq 1$$

とした。この時、暗視野観察ユニット24の光軸中心部の透過率は100%よりはわずかに落ちるが、実使用上は問題ない。以上のような構成をとることで、従来の顕微鏡において、明視野照明ユニットと暗視野照明ユニットを切替えて使用する際に極端な光量差(像の明るさの違い)の発生を抑えることができる。よって、暗視野観察での像の明るさを大きくするために、高輝度の光源を使用した場合であっても、明視野観察時の眩しさを軽減することができる。また、明視野照明ユニット12の平行平板13は80%以上100%未満のハーフミラーコートを付けたものでよいから、通常のハーフミラーコートと比較してもほとんどコストアップにはならない。なお、図2の明視野照明ユニット12において、ノーコート状態(反射膜14が無い状態)にして平行平板13としてガラス板を使用すれば、反射膜を形成する費用

を全くかけずに反射率数%の平行平板が実現できる。

【0030】次に、顕微鏡にアクティブ焦点検出装置を組み合わせて使用する場合について説明する。アクティブ焦点検出装置は、焦点検出用光源から照明光を標本面に投光し、標本から反射してきた反射光を受光素子で受光し、そこから出力された焦点信号により焦点検出を行うものである。

【0031】図6は、既存の落射照明顕微鏡にアクティブ焦点検出装置を取り付けた時の装置構成の様子を示している。図6において、27がアクティブ焦点検出装置である。図6では、アクティブ焦点検出装置27は、落射照明顕微鏡1の照明装置3と撮像ユニット10の間に取り付けられている。これは、照明装置3が対物レンズ7と最適な結像関係となるようにその位置関係が設定されているため、その関係を崩さないためには、照明装置3の上方に積み重ねるように配置する方が好ましい。アクティブ焦点検出装置27は光源28、遮光板29、ハーフミラー30、コリメートレンズ31、ダイクロイックミラー32、検出素子(受光素子)33を備えている。アクティブ焦点検出装置27の光源28(例えば赤～近赤外の半導体レーザー)から出た焦点検出用の照明光は、光軸の近傍に配置された遮光板29によって光束の半分が遮光される。遮光板29で遮光されなかった光束の半分は、ハーフミラー30で反射され、コリメータレンズ31によって平行光束になる。ダイクロイックミラー32は光源28が発する光の波長のみを反射する分光透過率特性を有しているため、焦点検出用の照明光は対物レンズ7に向かって偏向され標本8上に集光する。標本8で反射した焦点検出用の光束は、光軸を挟んで入射時と反対側の光路を通過して再びアクティブ焦点検出装置27に戻り、ダイクロイックミラー32で検出素子33に向けて反射される。コリメータレンズ31で収束光になった反射光はハーフミラー30を通過して検出素子33に入射する。検出素子33は受光した光の位置に応じた電気信号が発生し、電気信号はコントローラ34に送られて合焦状態が算出される。そして、コントローラは算出された結果に基づいてモータ35を駆動する信号を発生する。モータ35はステージ9を上下する駆動つまみに接続されているため、モータ35が回転することによってステージ9が上下し、ピント合わせが行われる。したがって、図6の構成においては、焦点検出用の光は照明装置3内の照明ユニット5を2度通過することになる。

【0032】ここで、照明ユニットとして従来の図8に示した明視野照明ユニット36を使用した場合、光源28から出た焦点検出用の照明光は反射膜22を2度通過することになる。この場合、検出素子33に戻ってくる反射光(焦点検出用の照明光)の光量1は、反射膜22の透過率を α とし、他の光学系や標本1-9による光量損失がないものと仮定すると、最大でも $1 = 10 \times \alpha^2$ とな

る。(10は光源28から射出され、ダイクロイックミラー32で対物レンズ7側に偏向された照明光の光量。)

一方、照明ユニットとして図9の暗視野照明ユニット40を使用した場合、平行平板21の中心部は中空であるから、アクティブ焦点検出装置27の光源28から出て検出素子33に戻ってくる光はほとんど減衰しない。例えば、透過率が50%のハーフミラーを使用した明視野照明ユニットと、中心部が中空の暗視野照明ユニットとでは、受光素子に到達する焦点検出用光束の強度は4倍の差があることになる。また、透過率が70%であれば、約2倍の差になる。

【0033】アクティブ焦点検出装置27では、標本の反射率や対物レンズの倍率の違いなどにより検出素子33が受光する光の強度が大幅に変化する。そのため、アクティブ焦点検出装置27には、これらの強度変化を全てカバーする広いダイナミックレンジを持つことが要求されるが、実際に実現するのは非常に難しい。このような状況において、明視野観察ユニット36と暗視野観察ユニット40を切り換える使用形態が加わるとなると、上述したような切り換えによって生じる光量差の影響を受けないようにすることは更に難しくなる。しかしながら、条件(1)を満足する図2の明視野照明ユニット12を用いれば、明視野観察ユニットと暗視野照明ユニットの中心部における透過率の差を、従来に比べてより小さくすることができる。その結果、アクティブ焦点検出装置使用時に焦点検出信号の強度の差が大きいという問題を解決することができる。なお、(1)の条件を満たせば、焦点検出信号の強度差は1.6倍未満に抑えることができる。また、図5に示す平行平板25を有する暗視野観察ユニット24と、図2の平行平板13から反射膜14を取り除いたものを平行平板として使用した明視野観察ユニットを組み合わせれば、信号強度の差をゼロとすることも可能である。

【0034】次に、従来の図8に示す明視野観察ユニット36と図9に示す暗視野観察ユニット4を併用した時に光軸がずれるという問題については、本実施の形態では、明視野照明ユニットの平行平板によって生じた光軸ずれ量とほぼ同じ量の光軸を生じる手段を、暗視野照明ユニットに設けることによって解決している。前述したとおり、例えば、厚み1mmの白板ガラス($n=1.52$)を45度で配置すると、約0.33mmの光軸のずれが発生する。そこで、本実施の形態では、暗視野観察ユニットにこのずれ量と同じずれが発生する手段を組み込むことでこの問題を解決している。具体的には、図5に示す暗視野照明ユニット24を使用することである。図5の暗視野照明ユニット24では、平行平板25の光軸中心部分は中空になっていない。そのため、平行平板13と平行平板25の厚みと素材を同一にするれば、明視野照明ユニット12で発生する光軸ずれ量

と同じ光軸ずれ量が暗視野照明ユニット24でも生じることになる。したがって、明視野照明ユニット12と暗視野照明ユニット24を切替えても光軸ずれは生じない。別の具体的な構成を図7に示す。図7では、図9に示す従来の暗視野照明ユニット46で使用されている平行平板21が用いられている。したがって、このままでは光軸ずれが生じるが、図7に示す暗視野照明ユニット36では、暗視野照明ユニット36内に、ある角度に傾けた厚みが一定の透明な平行平板37を配置することによって光軸ずれを無くすようにしている。ここで、平行平板37は、暗視野照明ユニット36内の標本からの反射光のみが通過する位置に配置されている。なお、平行平板37を傾ける向きは、明視野観察ユニット12と同等な光軸ずれを生じる向きでなくてはならないのは当然である。傾ける角度と平行平板37の厚みについては、0.33mmの光軸ずれを発生させるために、白板ガラス($n=1.52$)ならば、30度では1.7mm、25度では2.1mm、15度では3.6mmの厚みのものを使用すればよい。

【0035】 以上のような構成をとることで、アクティブ焦点検出装置と組み合わせた場合であっても、明視野観察ユニットと暗視野観察ユニットの切り換えによる光軸ずれの問題を解決することができ、焦点検出時の精度劣化を防ぐことができる。

【0036】

【発明の効果】 以上のように、本発明による顕微鏡システムは、落射照明時の明視野観察と暗視野観察の切換え時の問題点を解決し、なおかつ、アクティブ焦点検出装置との組み合わせでも最良の効果を発揮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の照明装置を備えた顕微鏡を示す図である。

【図2】 本発明の照明装置で用いられる明視野照明ユニットと、該ユニットによって対物レンズへ入射する光線を示す図である。

【図3】 本発明の照明装置で用いられる明視野照明ユニットと従来の明視野照明ユニットの分光透過率特性を示す図である。

【図4】 本発明の照明装置で用いられる暗視野照明ユニットと、該ユニットによって対物レンズへ入射する光線を示す図である。

【図5】 (a) 本発明の照明装置で用いられる別の暗視野照明ユニット、(b) 該ユニットに用いられる平行平板を示す図である。

【図6】 本発明の照明装置を備えた顕微鏡にアクティブ焦点検出装置を取り付けた時の図である。

【図7】 本発明の照明装置で用いられる別の暗視野照明ユニットを示す図である。

【図8】 従来の明視野照明ユニットを示す図である。

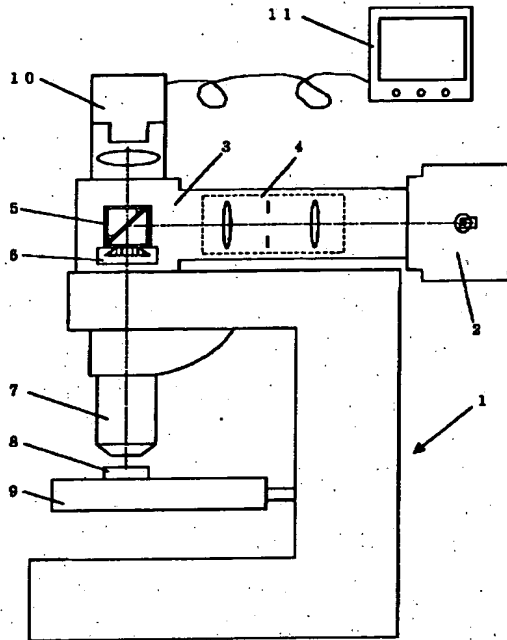
【図9】 (a) 従来の暗視野照明ユニット、(b) 該ユニットに用いられる平行平板を示す図である。

【図10】 焦点検出用の光が対物レンズに入射する様子を示す図である。

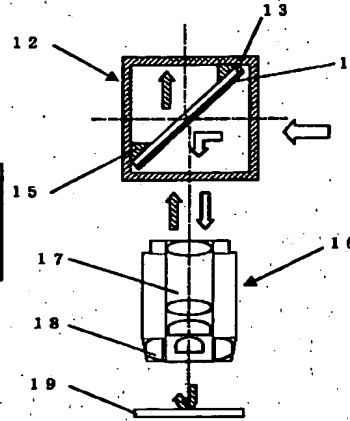
【符号の説明】

- 1 落射照明顕微鏡
- 2 光源
- 3 照明装置
- 4 照明光学系
- 5 照明ユニット
- 6 移動機構
- 7、42、46 対物レンズ
- 8、19 標本
- 9 ステージ
- 10 撮像ユニット
- 11 TVモニター
- 12、38 明視野照明ユニット
- 13、25 平行平板（中空部なし）
- 14、39 反射膜
- 15 保持部材
- 16 暗視野対物レンズ
- 17 対物光学系
- 18 暗視野照明用光路
- 20、24、36、40 暗視野照明ユニット
- 21 平行平板（中空部あり）
- 22 ミラーコート
- 23 遮光板
- 26 反射光通過部分（平行平板あり）
- 27 アクティブ焦点検出装置
- 28 光源（焦点検出用）
- 29 遮光板
- 30 ハーフミラー
- 31 コリメートレンズ
- 32 ダイクロイックミラー
- 33 検出素子
- 34 コントローラ
- 35 モータ
- 37 平行平板
- 41 中空部
- 43、47 対物レンズの瞳
- 44 光束入射位置（光路中に明視野観察ユニットがある場合）
- 45 光束入射位置（光路中に暗視野観察ユニットがある場合）

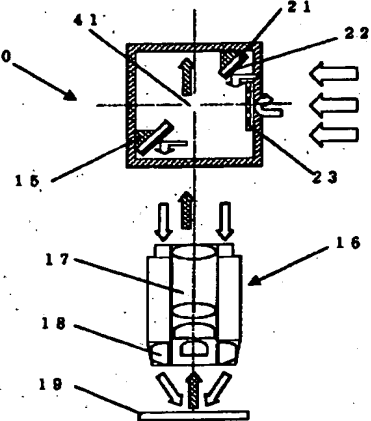
【図1】



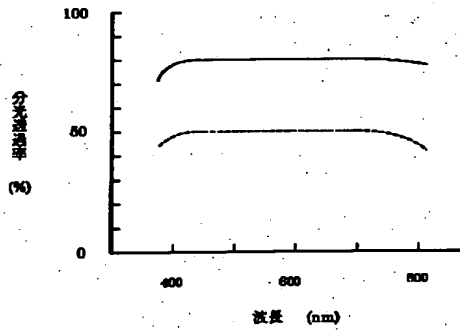
【図2】



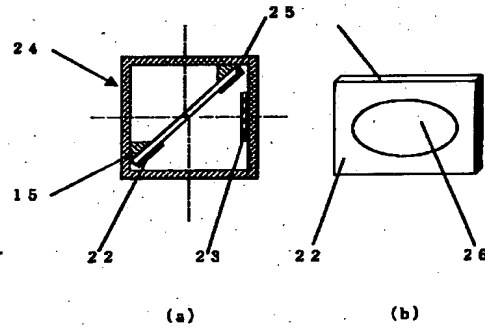
【図4】



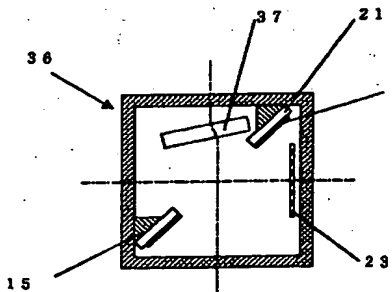
【図3】



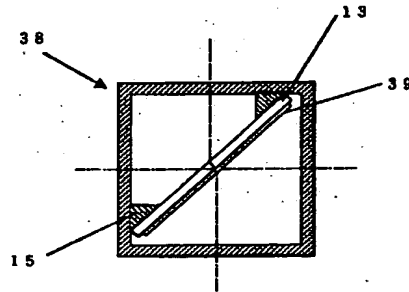
【図5】



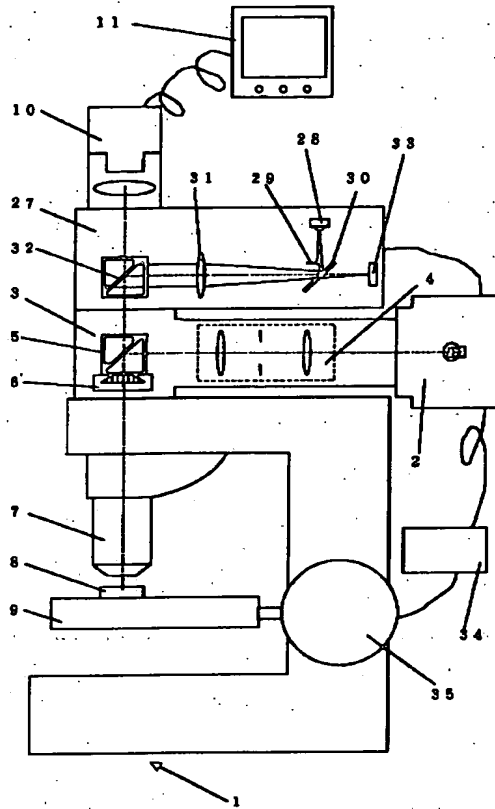
【図7】



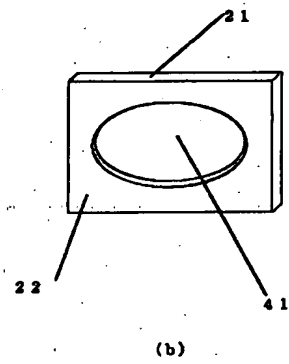
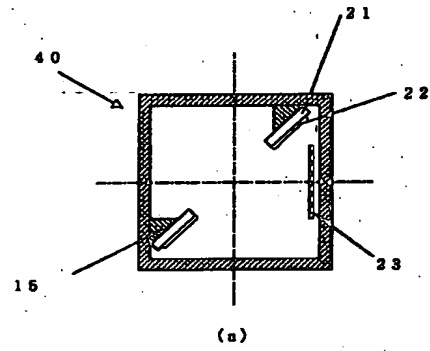
【図8】



【図6】



【図9】



【図10】

